

D 15 (4)

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 3741110 A1

(51) Int. Cl. 4:

C02F 11/10

A 62 D 3/00  
C 01 B 31/08  
B 01 J 20/20  
B 01 J 20/30  
C 10 B 53/00  
// C10B 7/10,47/00

(71) Anmelder:

Stella S.p.A., Cuneo, IT

(74) Vertreter:

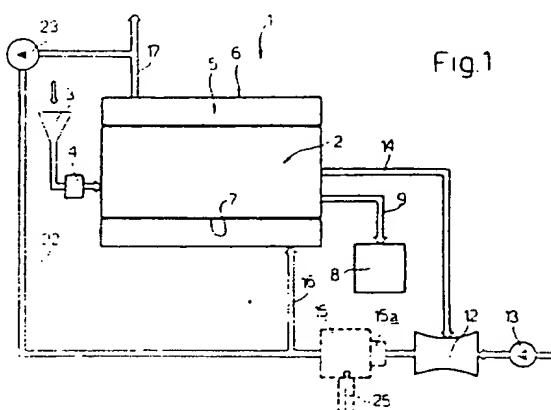
Schmitz, W., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 6200 Wiesbaden

(72) Erfinder:

Giorgio, Chiarva, Cuneo, IT

(54) Verfahren zur pyrolytischen Beseitigung biologischen Schlammes und Anlage zur Durchführung des Verfahrens

Verfahren zum Verarbeiten von biologischem Schlamm aus industriellen Reinigungsgeräten, welches Verfahren besteht aus Pyrolysern des Schlammes in einem indirekt geheizten Drehofen (2), um einen festen Kohlenstoff-Rückstand zu erhalten, der entweder verbrannt oder in Aktivkohle umgewandelt werden kann; dadurch gekennzeichnet, daß das Heizen dadurch erfolgt, daß die Pyrolysegase aus dem isoliert und frei von Sauerstoff gehaltenen Ofen abgezogen und außerhalb des Ofens (2) verbrannt werden, möglicherweise mit Hilfe zusätzlichen Brennstoffs, und die Verbrennungsgase über die Außenseite einer gerippten Wärmeausstauschfläche (7) auf dem Ofen (2) geleitet werden (Fig. 1).



DE 3741110 A1

DE 3741110 A1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur pyrolytischen umweltschonenden Beseitigung von biologischem Schlamm, insbesondere aus Reinigungswerken für industriellen Abfall, und auf eine Anlage, die eine Durchführung des Verfahrens mit geringen Kosten und/oder ein einfaches Trocknen des Schlammes ermöglicht.

"Pyrolyse" ist eine bekannte Verfahrenstechnik, die darin besteht, daß chemische Bindungen durch die Anwendung von Wärme aufgetrennt werden, wodurch es möglich wird, Umweltgifte dadurch zu zerstören, daß ihre Moleküle in einfachere Einheiten zerrissen werden, wobei Gas und feste Kohlenstoffrückstände erzeugt werden. Bei Anwendung auf biologischen Schlamm ergeben sich bei der Pyrolyse eine Anzahl von komplexen Problemen infolge der Tatsache, daß es mit herkömmlichen Öfen nicht möglich ist, ein in bezug auf den Energieverbrauch wirtschaftliches Verfahren anzugeben, mit dem der Schlamm indirekt auf eine solche Temperatur erwärmt werden kann, daß beseitigbare nicht kontaminierende Pyrolyseprodukte erzeugt werden. Auf der anderen Seite hat auch die direkte Erwärmung oder Oxypyrolyse, bei der heiße Verbrennungsgase auf den Schlamm geleitet werden, ihre Nachteile. Erstens führt die Schwierigkeit, die Temperatur genau zu steuern, zu örtlichen Überhitzungen, so daß feuerfeste Öfen erforderlich sind, und zweitens sind die erhaltenen brennbaren Gase hochkontaminiert und müssen als solche in einer Nachverbrennungskammer oder direkt innerhalb des Ofens beseitigt werden, wodurch im erstgenannten Fall die Kosten erhöht und beträchtliche Energieverluste hervorgerufen werden und im zweitgenannten Fall sich eine Über-Verbrennung des Schlammes ergibt, deren fester Rückstand praktisch unverwendbar ist. Fernerhin bringt die Tatsache, daß für die Schlamm-Verarbeitung normalerweise Drehöfen erforderlich sind, infolge des Gewichts der erforderlichen feuerfesten Auskleidung noch größere Probleme sowohl wirtschaftlicher als auch technischer Art mit sich.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur pyrolytischen Beseitigung von biologischem Schlamm, insbesondere aus Reinigungswerken für Industrieabfall, zu schaffen, das mit geringem Energieverbrauch auskommt, einen Rückstand erzeugt, der in der Industrie irgendwie verwendbar ist und deshalb einen zusätzlichen Wert darstellt, der die Schlamm-Beseitigungskosten zumindest teilweise kompensiert, und im wesentlichen keine atmosphärische Verunreinigung durch Abgabe von die Luft verunreinigenden Rauchgasen hervorruft. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anlage zu schaffen, die es ermöglicht, das Verfahren durchzuführen und/oder den Schlamm rasch und kontinuierlich zu trocknen, und die sowohl leicht zu steuern und zu regeln als auch mit geringen Kosten herstellbar ist.

Nach der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe gelöst mit einem Verfahren zur pyrolytischen Beseitigung von biologischem Schlamm, insbesondere von Reinigungswerken für industrielle Abfälle, das dadurch gekennzeichnet ist, daß es Stufen aufweist, die aus folgendem bestehen:

- Einspeisen des Schlammes in eine Reaktionskammer, die in gasdichter Weise gegen die äußere Atmosphäre isoliert ist;
- Pyrolysern des Schlammes in vollständiger Abwesenheit von gasförmigem Sauerstoff, um jegliche Form von Verbrennung zu verhindern, wobei die Pyrolyse durch indirektes Erwärmen des Schlammes mittels Wärmeaustausch durch die Wände der Reaktionskammer durchgeführt wird, indem ein Strom von Verbrennungsgasen über die Außenseite der Reaktionskammer zugeführt wird;
- Abziehen der im Inneren der Reaktionskammer durch thermischen Abbau der Moleküle des Schlammes erzeugten Pyrolysegase;
- Erzeugen des Stromes von Verbrennungsgasen durch Verbrennen der aus der Reaktionskammer abgezogenen Pyrolysegase, wobei die Verbrennungsstufe ausschließlich außerhalb der Reaktionskammer durchgeführt wird; und
- Entnehmen des pyrolysierten Schlammes aus der Reaktionskammer.

Die vorliegende Erfindung schafft ferner eine Anlage zum Pyrolysern und/oder Trocknen biologischen Schlammes mit einem Ofen, der ein erstes und ein zweites Ende zum kontinuierlichen Zuführen bzw. Entnehmen von Schlamm aufweist, und Heizmitteln zum indirekten Erwärmen des Schlammes; diese Anlage ist dadurch gekennzeichnet, daß die indirekten Heizmittel aus einer Schürze bestehen, die die Außenseite des Ofens derart abdeckt, daß sie zusammen mit einer äußeren wärmeaustauschenden Oberfläche des Ofens einen Hohlraum bildet, den entlang ein Strom heißer Verbrennungsgase durch einen an einem ersten Ende der Schürze gebildeten Einlaß zu einem an einem zweiten Ende der Schürze gebildeten Gas-Auslaß geleitet wird, wobei die Innenseite des Ofens in gasdichter Weise gegen die äußere Atmosphäre isoliert ist, und wobei die Anlage ferner Abzugsmittel zum Abziehen der im Inneren des Ofens durch Erwärmen des Schlammes gebildeten Gase, Belüftungsmittel zum Hinzufügen von die Verbrennung unterhaltender Luft zu den Gasen und zum Verbrennen derselben, derart, um den Strom von heißen Verbrennungsgasen zu erzeugen, und Verbrennungsgas-Zuführmittel zum Zuführen des Stromes von Verbrennungsgasen innerhalb des Hohlraumes aufweist.

Eine Anzahl von nicht begrenzenden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht der Anlage und eine Durchfluß-Graphik des Verfahrens nach der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 zeigt einen Längsschnitt des den Hauptbestandteil der Anlage nach der vorliegenden Erfindung bilden den Ofens.

Fig. 3 und 4 sind Ansichten größerer Maßstabes einer Einzelheit des in Fig. 2 dargestellten Ofens.

Fig. 5 und 6 zeigen entsprechende Testgraphiken in bezug auf das Verfahren nach der vorliegenden Erfindung.

Die Ziffer 1 in Fig. 1 bis 4 bezeichnet eine Anlage für die pyrolytische Beseitigung von biologischen Schlamm, insbesondere aus Reinigungswerken für industriellen Abfall, und zur Durchführung des Verfahrens nach der vorliegenden Erfindung. Um ein besseres Verständnis der vorliegenden Erfindung zu ermöglichen, wird der Beschreibung des Verfahrens nach der Erfindung eine detaillierte Beschreibung der Anlage 1 vorangestellt, die lediglich eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, da das Verfahren nach der Erfindung ebenso mit Anlagen durchgeführt werden kann, die sich vollständig von der hier beschriebenen unterscheiden. Die Anlage 1 enthält eine Reaktionskammer, gebildet von einem Ofen 2, der bei dem dargestellten Beispiel ein kontinuierlich beschickter Drehofen ist; einen Zuführkasten 3 für den unverarbeiteten Schlamm; Zuführmittel 4, die zum Zuführen des Schlammes in die Kammer 2 dienen und nach der vorliegenden Erfindung aus einer Doppelschrauben-Einrichtung bestehen, die in Einzelheiten in Fig. 3 und 4 dargestellt ist und in bekannter Weise derart an den Zuführkasten 3 angeschlossen ist, daß der Einlaß der Einrichtung 4 und infolgedessen der Reaktionskammer oder des Ofens 2 mittels des im Inneren des Zuführkastens 3 befindlichen Schlammes in fluiddichter Weise abgedichtet ist; einen zum indirekten Erwärmen des Ofens 2 dienenden Hohlraum oder Mantelraum 5, der durch eine die Außenseite des Ofens 2 abdeckende Metallblechschrüze 6 (Fig. 2) und eine äußere Wärmeaustauschfläche 7 auf dem Ofen 2 gebildet ist; eine luftdichte Sammelkammer 8, die über eine bekannte stationäre Haube 9 direkt an einen Auslaß 10 des Drehofens 2 in einer solchen Weise angeschlossen ist, daß sie den verarbeiteten Schlamm aus dem Ofen 2 sammelt, während gleichzeitig das Innere des Ofens 2 in gasdichter Weise gegen die äußere Atmosphäre isoliert und infolgedessen frei von gasförmigem Sauerstoff gehalten wird; und Umwälzmittel zum Umläufen heißer Verbrennungsgase innerhalb des Hohlraumes 5. Nach der vorliegenden Erfindung enthält die Anlage 1 einen Ejektor 12, der mit Umgebungsluft, z.B. mittels eines Kompressors 13, gespeist wird und über ein Rohr 14 an das Innere des Ofens 2 derart angeschlossen ist, daß er die Gase aus dem Inneren des Ofens abzieht; eine in unterbrochenen Linien dargestellte Verbrennungskammer 15 zum Empfangen der dem Ejektor 12 zugeführten Luft und der von dem Ejektor aus dem Inneren des Ofens 2 abgezogenen Gase; und Röhre 16 und 17, die in nicht dargestellter bekannter Weise an einen durch das Ende 19 der Schrüze 6 gebildeten Einlaß 18 an dem Hohlraum 5 bzw. an einen Gas-Auslaß 20, der durch das dem Ende 19 gegenüberliegende Ende 21 der Schrüze 6 an dem Hohlraum 5 gebildet ist, angeschlossen ist. Das Rohr 16 ist direkt an die Verbrennungskammer 15 angeschlossen, während das Rohr 17 an einen (nicht dargestellten) Schornstein angeschlossen ist. Die Röhre 16 und 17 sind ferner miteinander durch ein Zweigrohr 22 verbunden, das mit einer Verbrennungsgas-Umwälzpumpe 23 ausgerüstet ist, um einen Teil der Auslaßgase in dem Rohr 17 in das Rohr 16 einzuspeisen und die Gase im Inneren des Hohlraumes 5 umzuwälzen, um in bekannter Weise die Temperatur des in dem Hohlraum umlaufenden Gasstromes zu steuern.

Nach einer möglichen Abwandlung kann die Verbrennungskammer 15 weggelassen werden; in diesem Fall wird der Ejektor 12 so ausgelegt, daß er auch als Brenner dienen kann, und wird direkt mit dem Rohr 16 verbunden. Falls eine Verbrennungskammer 15 vorgesehen ist, ist diese vorzugsweise mit feuerfesten Steinen ausgekleidet und enthält zusätzlich zu einem Brenner 15a für das aus dem Ejektor 12 kommende Luft-Gas-Gemisch ferner einen zusätzlichen Brenner 25, der in bekannter Weise mit Luft und normalem Brennstoff gespeist wird.

Der Drehofen 2 wird durch eine zylindrische Seitenwand 26 gebildet und ruht lose auf Tragrollen 27 einer in der chemischen Industrie allgemein verwendeten Art, so daß mit Hilfe entsprechender Umfangsräder 28 der Ofen um seine Längsachse gedreht werden kann. Über ein gezahntes Ritzel 30, das mit einem an der Wand 26 befestigten Zahnrad 31 kämmt, treibt ein Motor 29 den Ofen 2 langsam relativ zu der Schrüze 6 an, die bei dem dargestellten Beispiel stationär ist und auf Stützen 32 ruht, die auch die Rollen 27 tragen. Ein Rohr 14 ist von einer Haube 9 getragen und befestigt, die in gasdichter Weise mittels Dichtungen 33 auf der drehbaren Seitenwand 26 befestigt ist. Nach der vorliegenden Erfindung ist die Einrichtung 4 im wesentlichen auf einer unteren erzeugenden Linie der zylindrischen Wand 26 angeordnet, so daß sie so nah wie möglich an der inneren Oberfläche dieser Wand liegt. Die Einrichtung 4, die von einer schon in anderen Gebieten der Technik verwendeten Art ist, enthält ein längliches Gehäuse 35, in welchem zwei koplanare Schrauben oder Schnecken 36 der Länge nach nebeneinander eingebaut sind und gleiche Steigungen und einen Mittenabstand, der kleiner als der Umfangsdurchmesser jeder der beiden Schrauben ist, haben, so daß entsprechende Schneckelemente 37 auf den Schrauben ineinander greifen, wobei die Schneckenwindungen des einen Elements zwischen zwei benachbarten Schneckenwindungen des anderen Elements liegen.

Beide Schrauben 36 werden durch einen gemeinsamen Motor 38 mit gleicher Drehzahl angetrieben. Tests, die von dem Anmelder durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß der Aufbau der Einrichtung 4 wesentlich ist, um ein richtiges Zuführen des Schlammes in den Ofen 2 sicherzustellen. Ferner verhindert die Anordnung der Einrichtung 4 auf der erzeugenden Linie des Ofens 2, daß der Schlamm an der Wand 26 anhaftet. Die Wand 26 trägt außen und an ihr befestigt einen Satz von radialen Rippen, die zusammen mit der Wand 26 die Wärmeaustauschfläche 7 bilden und nach der vorliegenden Erfindung aus einem kontinuierlichen Metallblechelement 40 bestehen, das auf die äußere Oberfläche der Wand 26 aufgeschweißt und um diese Wand herum mit einer Steigung gewickelt ist, die von dem Ende 19 der Schrüze 6 benachbarten Ende 41 des Ofens 2 allmählich zu dem Ende 21 der Schrüze 6 benachbarten Ende 42 des Ofens 2 abnimmt. Die Einrichtung 4 ist ferner an einer Metallblechplatte 43 befestigt, die das offene Ende 42 des Ofens 2 in gasdichter Weise abschließt, wogegen die Haube 9 auf dem Ende 41 befestigt ist. Schließlich sind nach der vorliegenden Erfindung der Einlaß 18 und der Gasauslaß 20 derart geformt, daß jeder vollständig zwischen zwei benachbarte Schneckenwindungen auf dem Element 40 paßt. Zusammen mit der veränderlichen Steigung des Elements 40 sorgt dies nach der vorliegenden Erfindung dafür, daß eine starke Verwirbelung erzeugt sowie der Druckverlust des durch den Hohlraum 5 strömenden Verbrennungsgasstromes vermindert wird; dies wiederum sorgt zusammen mit den genügend großen Wärmeaustauschflächen auf dem Element 40 für eine Optimierung des Wärmeaustauschs zwischen den innerhalb des Hohlraumes 5 strömenden Gasen und dem innerhalb des Ofens 2 befindlichen Schlamm.

Nach der vorliegenden Erfindung arbeitet die Schlammentfernungsanlage 1 wie folgt. Der unverarbeitete Schlamm, zum Beispiel aus einem bekannten Typ eines (nicht dargestellten) biologischen Reinigers in Nachbarschaft der Anlage 1, wird in den Zuführkasten 3 eingespeist, aus welchem er in die Einrichtung 4 hinabtropft. Diese fördert mittels der Schrauben 36 den Schlamm zwangsläufig und in konstanten, einstellbaren Mengen (durch Regulierung der Drehzahl der Schrauben) in den Ofen 2, wo infolge der Anordnung der Einrichtung 4 der Schlamm sofort in Berührung mit der Wand 26 tritt. Die langsame Drehung des Ofens 2 und die kontinuierliche Zufuhr von Schlamm in den Ofen durch die Einrichtung 4 verlassen den eingeführten Schlamm, sich entlang der Drehachse des Ofens 2 von dem Ende 82 zu dem Ende 41 hin zu bewegen, wo der Schlamm oder besser der Rückstand desselben durch die Haube 9 in die Kammer 8 ausgeworfen wird. Nach der vorliegenden Erfindung wird der Schlamm während seiner Wanderung entlang der Achse des Ofens 2 pyrolysiert, um seine Moleküle aufzubrechen und allmählich eine Kombination von trockenem Rückstand, Gas und Dampf zu bilden, die, obwohl sie brennbar ist und hauptsächlich aus CO, Methan und anderen Kohlenwasserstoffen besteht, den Innenraum des Ofens 2 erfüllt, ohne zu brennen, da der Ofen 2 gegen die äußere Atmosphäre abgesperrt und frei von gasförmigem Sauerstoff ist. Die Wärmeenergie für den Pyrolyseprozeß wird von außen durch die Oberfläche 7 zugeführt, indem heiße Gase innerhalb des Hohlraumes 5 umgewälzt werden. Da die für das Pyrolyserieren des Schlammes erforderliche Temperatur zwischen 300 und 800°C liegt, müssen die heißen Gase durch Verbrennung bei einer Temperatur von mindestens 1000 bis 1200°C erzeugt werden. Um den Energieverbrauch zu verringern und ein Verarbeiten der kontaminierenden Pyrolysegase zu vermeiden, werden diese Gase nach der vorliegenden Erfindung kontinuierlich aus dem Inneren der Reaktionskammer 2 während der Pyrolyse durch den Ejektor 12 abgezogen und zusammen mit der dem Ejektor 12 zugeführten Luft in die Verbrennungskammer 15 eingespeist; die Zufuhr der Luft wird derart reguliert, daß sich ein Brennstoffgemisch ergibt, in welchem die dem Ejektor 12 zugeführte Luft zur Unterhaltung der Verbrennung dient und die Pyrolysegase als Brennstoff dienen. Im Inneren der Verbrennungskammer 15 wird nach der vorliegenden Erfindung das Brennstoffgemisch in einem Brenner 15a derart verbrannt, daß ein Strom von Verbrennungsgasen bei einer Temperatur von 1000 bis 1100°C erzeugt wird. Nach der vorliegenden Erfindung wird dieser Strom dann entlang dem Rohr 16 und in Gegenrichtung zu dem Schlamm in den Hohlraum 5 eingespeist, wo ein Teil seiner Wärme auf den Schlamm übertragen wird, und zwar mittels Wärmeaustausch durch die Wärmeaustauschfläche 7 zwischen dem Gas innerhalb des Hohlraumes 5 und dem Schlamm innerhalb des Ofens 2. Die dem Hohlraum 5 zugeführten Verbrennungsgase werden dann bei einer Temperatur von etwa 100°C durch den Gasauslaß 20 abgezogen und teilweise stromab von der Verbrennungskammer 15 umgewälzt, um die Temperatur innerhalb des Hohlraumes 5 zu steuern. Falls die so erzeugte Wärme nicht ausreicht, um Pyrolyse zu ermöglichen, werden die durch Verbrennung der von dem Ofen 2 abgezogenen Gase erzeugten Verbrennungsgase durch Verbrennungsgase ergänzt, die durch Verbrennen normalen flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs innerhalb des Brenners 25 erzeugt werden, wobei die sich ergebenden Gase mit den verbrannten Pyrolysegasen innerhalb der Verbrennungskammer 15 vermischt und zusammen mit diesen in den Hohlraum 5 eingespeist werden, so daß jederzeit eine ausreichende Zufuhr von Wärme sichergestellt ist. Während des Anlaufens der Anlage müssen offensichtlich die Verbrennungsgase zum Einleiten des Pyrolyseprozesses ausschließlich von dem Brenner 25 geliefert werden. Nachdem der Prozeß in Gang gekommen ist, erzeugt er jedoch Gase eines so außerordentlichen Heizwertes, daß der Prozeß selbstunterhaltend wird und der Brennstoffverbrauch auf praktisch Null absinkt. Die Pyrolyse wird normalerweise bei einer Temperatur im Bereich zwischen 300 bis 500°C derart durchgeführt, daß in die Kammer 8 ein Rückstand hohen Kohlenstoffgehalts und Asche eingegeben werden. Ein überraschendes Ergebnis des wie oben beschrieben geführten Verfahrens besteht darin, daß der aus biologischem Schlamm erhaltene Rückstand eine verhältnismäßig hohe Adsorptionskapazität aufweist, die groß genug ist, um eine Verwendung des Rückstandes ohne weitere Verarbeitung als Filtermaterial zu ermöglichen. Noch wichtiger ist es, daß der Rückstand physikalische und chemische Charakteristiken aufweist, die es ermöglichen, ihn in bekannter Weise zu aktivieren, insbesondere durch Erwärmung auf etwa 900°C in Kohlendioxid, wobei ein Produkt erhalten wird, das sich in keiner Weise von der besten Aktivkohle unterscheidet. Eine derartige Aktivierung kann innerhalb der Sammelkammer 8 selbst durchgeführt werden, wobei die erforderliche Wärme durch dieselben Verbrennungsgase geliefert wird, die im Inneren der Verbrennungskammer 15 erzeugt werden; diese Gase können in einen (nicht dargestellten) äußeren Hohlraum ähnlich dem Hohlraum 5 der Kammer 8 geleitet werden, bevor sie in die Schürze 6 geleitet werden. Auch in diesem Fall ist überraschenderweise das Verfahren zumindest fast selbstunterhaltend, so daß der Schlamm schließlich in nicht kontaminierende Verbrennungsgase (Kohlendioxid und Wasser) und ein wertvolles Produkt umgewandelt wird, welches Produkt entweder vermarktet oder in dem den Schlamm erzeugenden Reinigungswerk statt der normalerweise verwendeten Aktivkohle verwendet werden kann.

Die außerordentlichen wirtschaftlichen und praktischen Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus der vorstehenden Beschreibung hervor, ebenso wie die Tatsache, daß das unter Bezugnahme auf die Anlage 1 vorliegende Verfahren genausogut mit anderen Typen von Anlagen durchgeführt werden kann. Die Erfindung wird deshalb mittels der folgenden Demonstrations-Ausführungsbeispiele weiter beschrieben.

60

## BEISPIEL 1 — Zusammensetzung von Pyrolysegasen

5 g eines Schlammes mit einer mittleren Zusammensetzung gemäß Tabelle 1 wurden in einem Laboratoriumsreaktor verarbeitet. Die erhaltenen Pyrolysegase wurden nicht verbrannt, sondern gesammelt und analysiert, ebenso wie der in dem Rektor erzeugte trockene Rückstand. Der organische Anteil des Kondensats wurde als Differenz zwischen dem Schlamm und der Summe der Gase, der Feststoffe und des Wassers berechnet, wie in Tabelle 1 dargestellt. Das Pyrolyseverfahren wurde bei verschiedenen Temperaturen wiederholt, und die Zusammensetzung des brennbaren Gases des Pyrolysegases analysiert, wie in der graphischen Darstellung der

Fig. 5 dargestellt.

Tabelle 1

	C	H	N	O	Asche
getrockneter Schlamm	36,8	4,9	6,9	34,2	17,1
Pyrolyseprodukte					
fest	15,5	0,4	2,3	7,7	17,1
kondensiert	16,9	4,0	4,6	19,9	—
gasförmig	4,4	0,5	—	6,7	—

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## BEISPIEL 2 – Adsorptionskapazität des Rückstandes

Der trockene Rückstand des in Beispiel 1 verarbeiteten Schlammes wurde in einem Ofen in einem Strom von Kohlendioxid bei Temperaturen von 870 und 920°C jeweils über 15, 20, 30 und 40 Minuten aktiviert. Sodann wurden die Methylenblau-Adsorptionsisothermen des aktivierte Rückstandes und von Aktivkohle Pittsburgh Filtrasob F 440 geprüft; es ergaben sich die in Fig. 6 dargestellten Ergebnisse.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur pyrolytischen Beseitigung von biologischem Schlamm, insbesondere aus Reinigungswerken für industrielle Abfälle, dadurch gekennzeichnet, daß es Stufen aufweist, die aus folgendem bestehen:

- Einspeisen des Schlammes in eine Reaktionskammer (2), die in gasdichter Weise von der äußeren Atmosphäre isoliert ist;
- Pyrolyseren des Schlammes in vollständiger Abwesenheit von gasförmigem Sauerstoff, um jegliche Form von Verbrennung zu verhindern, wobei die Pyrolyse durch indirektes Erwärmen des Schlammes mittels Wärmeaustausch durch die Wände (7) der Reaktionskammer (2) durchgeführt wird, indem ein Strom von Verbrennungsgasen über die Außenseite der Reaktionskammer (2) zugeführt wird;
- Abziehen der im Inneren der Reaktionskammer (2) durch thermischen Abbau der Moleküle des Schlammes erzeugten Pyrolysegase;
- Erzeugen des Stromes von Verbrennungsgasen durch Verbrennen der aus der Reaktionskammer (2) abgezogenen Pyrolysegase, wobei die Verbrennungsstufe ausschließlich außerhalb der Reaktionskammer (2) durchgeführt wird; und
- Entnehmen des pyrolysierten Schlammes aus der Reaktionskammer (2).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlamm bei einer Temperatur von 300 bis 500°C pyrolysiert wird und die Pyrolysestufe lang genug fortgesetzt wird, um einen hauptsächlich aus Kohle-Rückstand bestehenden Pyrolyseschlamm zu erhalten.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der aus der Reaktionskammer (2) entfernte Pyrolyseschlamm ein Adsorbens darstellt und durch Anwendung von Wärme in einem Strom von Kohlendioxid aktiviert werden kann.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionskammer aus einem zylindrischen Drehofen (2) besteht, in dessen Inneres der Schlamm kontinuierlich eingeführt und in einer Weiterbewegung entlang der Drehachse des Drehofens gezwungen wird, und aus der dem Pyrolyseschlamm kontinuierlich in eine luftdichte Sammelkammer (8) überführt wird, wobei die Stufe der Erwärmung durch Wärmeaustausch mit dem Strom von Verbrennungsgasen durch Zuführen des Stromes von Verbrennungsgasen in der dem Schlamm entgegengesetzten Richtung innerhalb eines den Drehofen (2) außen umgebenden Hohlraumes (5) durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlamm dem zylindrischen Ofen (2) im wesentlichen entlang einer erzeugenden Linie des letzteren derart zugeführt wird, daß der Schlamm sofort in Kontakt mit den heißen Wänden des Ofens (2) tritt, wobei der Schlamm dem Ofen (2) mittels eines Doppelschraubenförderers (4) zugeführt wird, dessen Einlaß durch den in einem Zuführkasten (3) enthaltenen Schlamm selbst in flüssiger Weise abgedichtet ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Pyrolysegase aus der Reaktionskammer (2) mittels eines Ejektors (12) abgezogen werden, der mit einem auch die Verbrennung der Gase unterhaltenden Luftstrom gespeist wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom von Verbrennungsgasen durch Verbrennung von Brennstoff zusätzlich zu den Pyrolysegasen hergestellt wird, und daß die aus den beiden Verbrennungsstufen, die vorzugsweise in einem gemeinsamen feuerfesten Ofen (15) durchgeführt werden, erhaltenen Gase miteinander vermischt werden.

8. Anlage zum Pyrolyseren und/oder Trocknen biologischen Schlammes, mit einem Ofen (2), der ein erstes und ein zweites Ende zur kontinuierlichen Zuführung bzw. Entnahme von Schlamm aufweist, und Heizmitteln zum indirekten Erwärmen des Schlammes, dadurch gekennzeichnet, daß die indirekten Heizmittel aus einer Schürze (6) bestehen, die die Außenseite des Ofens (2) derart abdeckt, daß sie zusammen mit einer äußeren Wärmeaustauschoberfläche (7) des Ofens (2) einen Hohlraum (5) bildet, den entlang ein Strom

heißer Verbrennungsgases durch einen an einem ersten Ende der Schürze (6) gebildeten Einlaß (18) zu einem an einem zweiten Ende der Schürze (6) gebildeten Gas-Auslaß (20) hin gefördert wird, wobei das Innere des Ofens (2) in gasdichter Weise gegen die äußere Atmosphäre isoliert ist, und wobei die Anlage ferner Abzugsmittel (12) zum Abziehen der im Inneren des Ofens (2) durch Erwärmen der Schlammes gebildeten Gase, Belüftungsmittel zum Hinzufügen von die Verbrennung unterhaltender Luft zu den Gasen und zum Verbrennen derselben derart, um den Strom von heißen Verbrennungsgasen zu erzeugen, und zum Verbrennen derselben derart, um den Strom von heißen Verbrennungsgasen innerhalb des Verbrennungsgas-Zuführmittel (16) zum Zuführen des Stromes von Verbrennungsgasen innerhalb des Hohlraumes (5) aufweist.

5 9. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeaustauschoberfläche (7) an dem Ofen 10 (2) durch eine zylindrische Seitenwand (26) des Ofens (2) und durch radiale äußere Rippen (40), die aus einem um die zylindrische Seitenwand (26) gewickelten und mit dieser verbundenen kontinuierlichen Element bestehen, gebildet ist.

10 10. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das kontinuierliche Element (14) um die zylindrische Wand (26) des Ofens (2) mit einer von dem zweiten Ende zu dem ersten Ende des Ofens hin allmählich abnehmenden Steigung herumgewickelt ist, daß die Schürze (6) mit ihren ersten und zweiten Enden in nächster Nachbarschaft der ersten bzw. zweiten Enden des Ofens (2) angeordnet ist, und daß der Einlaß (18) und der Gasauslaß (20) jeweils vollständig innerhalb des zwischen zwei miteinander benachbarten Windungen des Elements (40) erstreckten Raumes gebildet sind.

15 11. Anlage nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Ofen (2) eine Schlamm-Zuführreinrichtung (4) aufweist, die im wesentlichen auf einer unteren erzeugenden Linie der zylindrischen Seitenwand (26) angeordnet ist, und daß die Schlamm-Zuführreinrichtung (4) ein Gehäuse (35) aufweist, das zwei nebeneinander angeordnete Schrauben (36) mit sich überschneidenden Schraubengängen (37) aufweist.

20 12. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Ofen (2) ein Drehofen ist, der in bezug auf die fest angeordnete Schürze (6) lose auf Rollen (27) gelagert ist.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

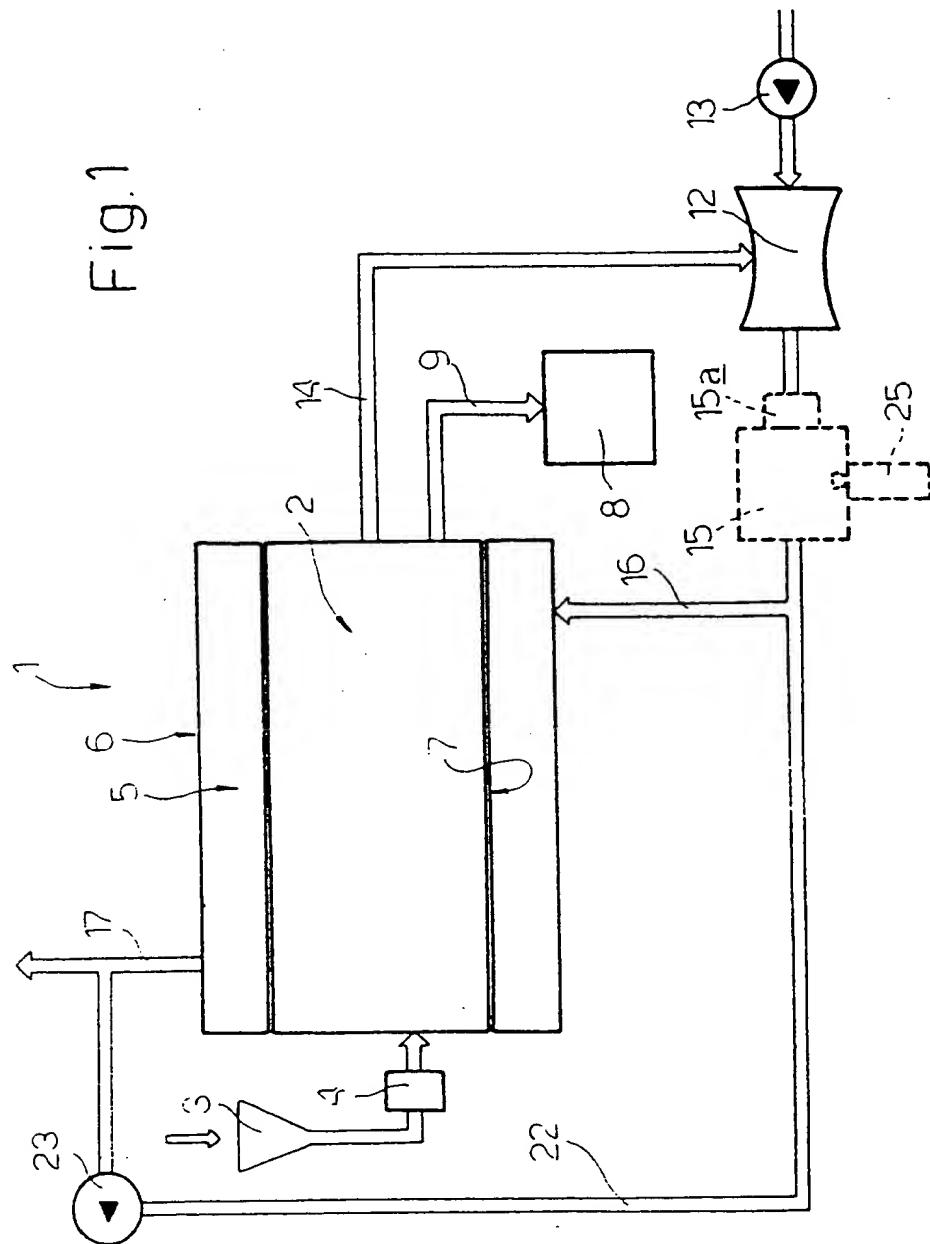
37 41 110  
C 02 F 11/10  
4. Dezember 1987  
15. Juni 1989

117

3741110

Fig.: KA:W

Fig. 1



3741110

18

Fig. 2/18:1/1

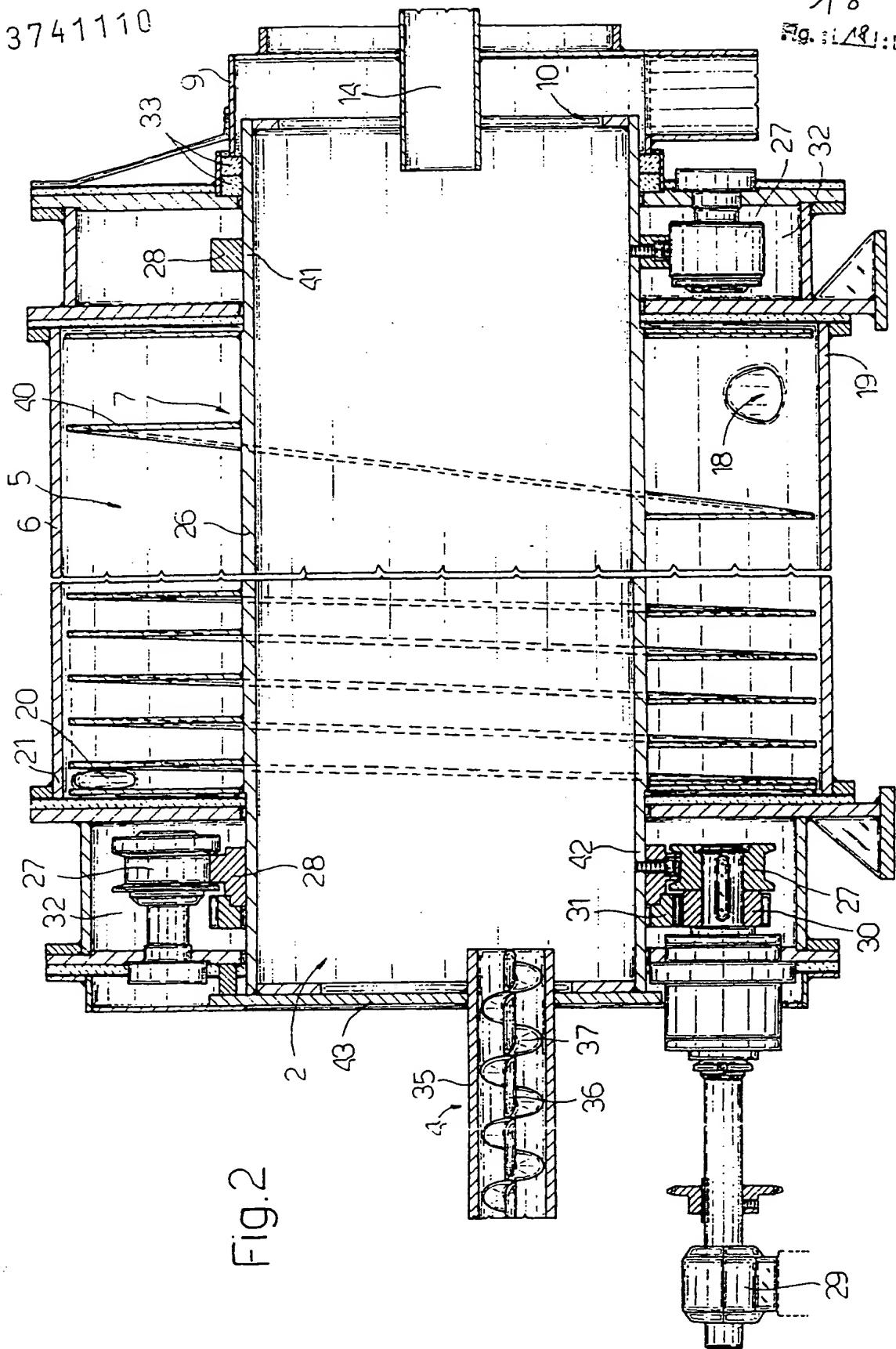


Fig. 2

3741110

19

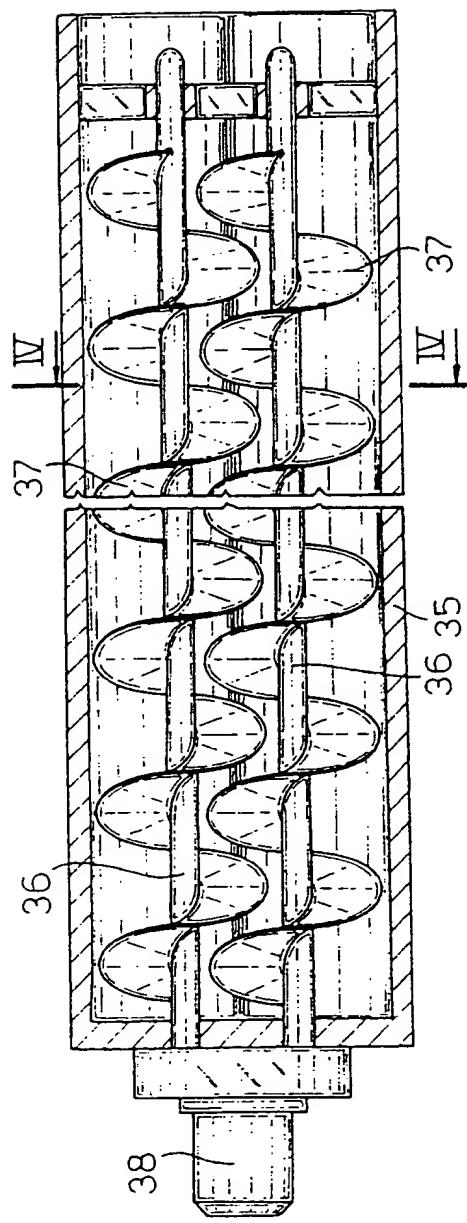


Fig.3

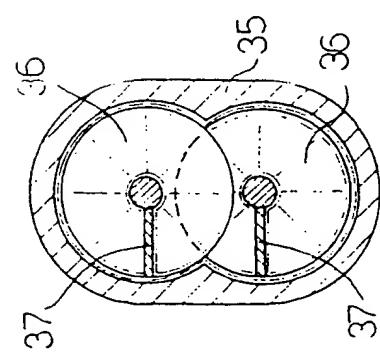


Fig.4

Docket # WUH-7945

Applic. # 09/762,143

Applicant: Hackl

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101

3741110

Fig. 12011  
20\*

Fig. 5

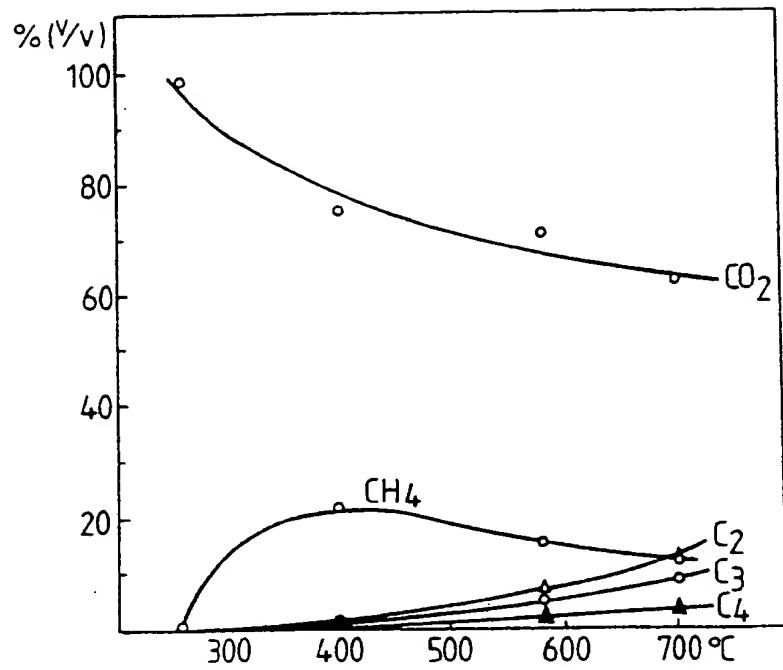


Fig. 6

